

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-048171

(43)Date of publication of application : 23.02.1999

(51)Int.Cl. B25J 7/00  
A61B 1/00  
A61B 1/00  
B25J 18/06  
G02B 23/24

(21)Application number : 10-011258

(71)Applicant : ESASHI MASAKI  
HAGA YOICHI

(22)Date of filing : 23.01.1998

(72)Inventor : ESASHI MASAKI  
HAGA YOICHI

(30)Priority

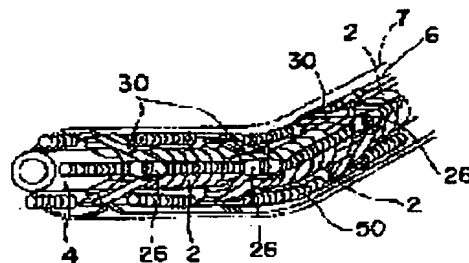
Priority number : 09160561 Priority date : 02.06.1997 Priority country : JP

## (54) ACTIVE CONDUIT AND MANUFACTURE THEREOF

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an active catheter and a manufacturing method thereof lightening weight to simplify a structure of a link.

SOLUTION: A catheter comprises a liner coil 2, link 30 using a molded circuit part (MID) formed with an electrode, inner side tube 4 alternately arranging these links fit inserted, shape memory alloy (SMA) actuator 50 connecting between the links 30 using each MID, non-conductive bonding part 26 fixing this SMA actuator 50 to the link using the MID, lead wire 6 connected electrically to the SMA actuator 50 with the electrode on the link 30 using the MID, and an outer side tube 7 covering these wires incorporated. An internal space of the inner side tube 4 is formed as a working channel of the active catheter.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3477570

BEST AVAILABLE COPY

**THIS PAGE BLANK (USPT)**

[Date of registration] 03.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

・ 1011 1180.11 2070.11 2080.11

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-48171

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月23日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup>     | 識別記号  | F I           |
|-------------------------------|-------|---------------|
| B 2 5 J 7/00                  |       | B 2 5 J 7/00  |
| A 6 1 B 1/00                  | 3 1 0 | A 6 1 B 1/00  |
|                               | 3 3 4 | 3 1 0 A       |
|                               |       | 3 3 4 A       |
| B 2 5 J 18/06                 |       | B 2 5 J 18/06 |
| G 0 2 B 23/24                 |       | G 0 2 B 23/24 |
|                               |       | A             |
| 審査請求 未請求 請求項の数30 O L (全 20 頁) |       |               |

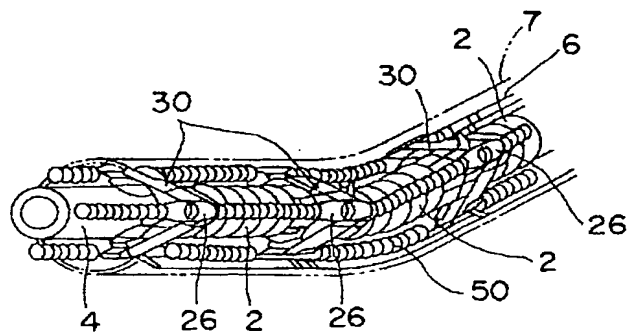
|              |                    |          |  |
|--------------|--------------------|----------|--|
| (21) 出願番号    | 特願平10-11258        | (71) 出願人 | 000167989<br>江刺 正喜<br>宮城県仙台市太白区八木山南 1 丁目11番地<br>9      |
| (22) 出願日     | 平成10年(1998) 1 月23日 | (71) 出願人 | 597086128<br>芳賀 洋一<br>宮城県仙台市青葉区一番町一丁目 6 - 22 -<br>1003 |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平9-160561        | (72) 発明者 | 江刺 正喜<br>宮城県仙台市太白区八木山南一丁目11- 9                         |
| (32) 優先日     | 平 9 (1997) 6 月 2 日 | (72) 発明者 | 芳賀 洋一<br>宮城県仙台市青葉区一番町一丁目 6 - 22 -<br>1003              |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)           | (74) 代理人 | 弁理士 平山 一幸 (外 1 名)                                      |

(54) 【発明の名称】 能動導管とその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 軽量でリンクの構造体を簡易にした能動カテーテルとその製造方法を提供する。

【解決手段】 ライナーコイル2と、電極24、25が形成されたMIDを用いたリンク30と、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブ4と、各MIDを用いたリンク30間を連結するSMAアクチュエータ50と、このSMAアクチュエータ50をMIDを用いたリンクに固定する非導電性接着部26と、MIDを用いたリンク30上の電極24、25とともにSMAアクチュエータ50に電氣的に接続されるリード線6と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7とを備え、内側チューブ4の内空間が能動カテーテルのワーキングチャンネルとなっている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ライナーコイルと、電極が形成されたMIDを用いたリンクと、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブと、各MIDを用いたリンク間を連結するSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータをMIDを用いたリンクに固定する固定部と、MIDを用いたリンク上の電極とともにSMAアクチュエータに電氣的に接続するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項2】 前記MIDを用いたリンクが液晶ポリマーであることを特徴とする請求項1に記載の能動導管。

【請求項3】 ライナーコイルと、電極が形成された高分子チューブを用いたリンクと、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブと、各高分子チューブを用いたリンク間を連結するSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータを上記リンクに固定する固定部と、上記リンク上の電極とともにSMAアクチュエータに電氣的に接続するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項4】 ライナーコイルと、熱収縮チューブを用いたリンクと、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブと、各熱収縮チューブを用いたリンク間を連結するSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータを熱収縮チューブを用いたリンクに固定する固定部と、SMAアクチュエータに電氣的に接続するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項5】 ライナーコイルと、リング型リンクと、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブと、各リング型リンク間を連結するSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータを上記リング型リンクに固定する固定部と、SMAアクチュエータに電氣的に接続するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項6】 前記リンクが切欠きの入った鰐を有するリング型リンクであることを特徴とする請求項5に記載の能動導管。

【請求項7】 ライナーコイルと、このライナーコイルに嵌挿する内側チューブと、この内側チューブ長手方向に配設されたSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータと上記ライナーコイル及び内側チューブとを固定する非導電性接着剤で形成されたリンクと、SMAアクチュエータに電氣的に接続するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項8】 内側チューブの外側に配設するSMAアクチュエータと、この内側チューブとSMAアクチュエータとの間に間隔を設け保持するリンクと、上記内側チューブを内蔵するとともに上記SMAアクチュエータの外側に配設するライナーコイルと、上記SMAアクチュエータに通電するリード線と、これらを覆って内蔵する

外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項9】 前記ライナーコイルが導電性ライナーコイルであって、この導電性ライナーコイルを前記SMAアクチュエータに通電する電気回路の接地としたことを特徴とする請求項7又は8に記載の能動導管。

【請求項10】 非導電性処理したライナーコイルと、これに挟み込んで配設したコイル状のSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータに通電するリード線と、上記非導電性処理したライナーコイルに嵌挿する内側チューブと、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項11】 非導電性処理したライナーコイルと、これに挟み込んで配設したコイル状のSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータに通電するリード線と、上記非導電性処理したライナーコイルに当接して配設した内側チューブとを備え、上記SMAアクチュエータと上記内側チューブとを両端にて固定した、能動導管。

【請求項12】 前記SMAアクチュエータと前記内側チューブとを両端にて非導電性接着剤で固定したことを特徴とする、請求項11に記載の能動導管。

【請求項13】 前記SMAアクチュエータと前記内側チューブとを両端にて固定用リングに嵌挿し、SMAアクチュエータの端部を内側チューブに接着剤で固定したことを特徴とする、請求項11に記載の能動導管。

【請求項14】 前記内側チューブ両端を固定用コイルに嵌挿し、この固定用コイルに前記SMAアクチュエータを噛み合わせて固定したことを特徴とする、請求項11に記載の能動導管。

【請求項15】 前記ライナーコイルがSMAライナーコイルであって、このSMAライナーコイルに通電するリード線を備え、屈曲機構と伸張機構とを有することを特徴とする、請求項8乃至14の何れかに記載の能動導管。

【請求項16】 前記ライナーコイルが平線型ライナーコイルであることを特徴とする、請求項1乃至15の何れかに記載の能動導管。

【請求項17】 平坦な底面を有するとともに中央に貫通孔を有する円柱であって、この円柱の頂面に対称中心を通る稜線を持つように形成した尖鋭部と、この稜線に対して対称な位置に形成した凹部とを有する駒型リンクを備え、

この駒型リンクの貫通孔に嵌挿する内側チューブと、上記駒型リンクの尖鋭部と平坦な底面とを隣り合わせて上記凹部に配設したSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータに通電するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える、能動導管。

【請求項18】 前記駒型リンクの凹部に爪を設け、この爪に前記SMAアクチュエータを噛み合わせて配設したことを特徴とする、請求項17に記載の能動導管。

【請求項19】 リンクとライナーコイルとを交互に内側チューブで嵌挿して連結する工程と、  
上記リンクにSMAアクチュエータとリード線とを配設して導電性接着剤で固定する工程と、  
上記SMAアクチュエータとリード線とを非導電性接着剤で上記リンクに固定する工程と、  
SMAアクチュエータを切断する工程と、を備える能動導管の製造方法。

【請求項20】 MIDを用いたリンクとライナーコイルとを交互に内側チューブで嵌挿して連結する工程と、  
上記リンクにSMAアクチュエータとリード線とを配設して導電性接着剤で固定する工程と、  
上記SMAアクチュエータとリード線とを非導電性接着剤で上記リンクに固定する工程と、  
SMAアクチュエータを切断する工程と、を備える能動導管の製造方法。

【請求項21】 高分子チューブを用いたリンクとライナーコイルとを交互に内側チューブで嵌挿して連結する工程と、  
上記リンクにSMAアクチュエータとリード線とを配設して導電性接着剤で固定する工程と、  
上記SMAアクチュエータとリード線とを非導電性接着剤で上記リンクに固定する工程と、  
SMAアクチュエータを切断する工程と、を備える能動導管の製造方法。

【請求項22】 熱収縮チューブを用いたリンクとライナーコイルとを交互に内側チューブで嵌挿して連結する工程と、  
上記リンクにSMAアクチュエータとリード線とを配設して導電性接着剤で固定する工程と、  
上記SMAアクチュエータとリード線とを非導電性接着剤で上記リンクに固定する工程と、  
SMAアクチュエータを切断する工程と、を備える能動導管の製造方法。

【請求項23】 リング型リンクとライナーコイルとを交互に内側チューブで嵌挿して連結する工程と、  
上記リンクにSMAアクチュエータとリード線とを配設して導電性接着剤で固定する工程と、  
上記SMAアクチュエータとリード線とを非導電性接着剤で上記リンクに固定する工程と、  
SMAアクチュエータを切断する工程と、を備える能動導管の製造方法。

【請求項24】 前記リング型リンクが切欠きの入った鐐を有するリング型リンクであることを特徴とする請求項23に記載の能動導管の製造方法。

【請求項25】 ライナーコイルに内側チューブを嵌挿し、この内側チューブの両端にスペーサをはめる工程と、  
リード線を上記ライナーコイルの上に配設してSMAアクチュエータを両端のスペーサ上に設置する工程と、

上記リード線とSMAアクチュエータとを導電性接着剤で固定する工程と、

上記SMAアクチュエータを非導電性接着剤で内側チューブに固定してリンクを形成する工程と、を備える能動導管の製造方法。

【請求項26】 内側チューブの両端にスペーサをはめ、この両端のスペーサにて支持棒及びSMAアクチュエータの両端を接着剤で固定してリンクを形成する工程と、

10 上記支持棒に当接し同軸にライナーコイルを配設する工程と、

上記SMAアクチュエータに通電するリード線を固定し配線する工程と、

非導電性接着剤で上記SMAアクチュエータを上記ライナーコイルに固定する工程と、

上記SMAアクチュエータの片端及び上記支持棒の両端を切断して取り除く工程と、

外側チューブを被せる工程と、を備える、能動導管の製造方法。

20 【請求項27】 前記ライナーコイルが導電性ライナーコイルであって、この導電性ライナーコイルと前記各SMAアクチュエータとを導電性接着剤で固定する工程を備えたことを特徴とする、請求項25又は26に記載の能動導管の製造方法。

【請求項28】 非導電性処理したライナーコイルの外側から対称な位置にSMAアクチュエータを伸ばして挟み合わせる工程と、

上記SMAアクチュエータに通電するリード線を固定し配線する工程と、

30 内側チューブを上記非導電性処理したライナーコイルに嵌挿する工程と、

外側チューブを被せる工程と、を備える、能動導管の製造方法。

【請求項29】 非導電性処理したライナーコイルの外側にSMAアクチュエータを伸ばして挟み合わせる工程と、

上記SMAアクチュエータに通電するリード線を固定し配線する工程と、

40 一端が閉じたキャップを有する外側チューブを被せる工程と、を備える、能動導管の製造方法。

【請求項30】 内側チューブを非導電性処理したライナーコイルの内側に当接して配置する工程と、

上記内側チューブに対向する位置にて上記非導電性処理したライナーコイルを噛むようにコイル状のSMAアクチュエータを伸ばして配設し固定する工程と、

上記SMAアクチュエータの両端に通電するリード線を固定し配線する工程と、

上記SMAアクチュエータと上記内側チューブとの両端を非導電性接着剤で固定する工程と、

50 外側チューブを被せる工程と、を備える、能動導管の製造方法。

造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、マイクロマシン分野に利用し、複雑な機械や配管に入り込んで検査やメンテナンスなどを行い、さらに能動カテーテルとして人体の血管や器官等に入り込んで診断又は治療などの利用に供し得る能動導管及びその製造方法に関する。さらに、複数の組み合わせにより多関節、多足等のロボット又は精巧な玩具などに利用し得る能動導管及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、形状記憶合金をアクチュエータとして利用した能動内視鏡が大腸などの診断用に提案されており、血管内などの狭いところにも入っていき、検査、診断又は治療を行う能動カテーテル（細い管状器具）の開発が進められている。

【0003】図31は提案された能動カテーテルを示す外観図である。図31を参照して概説すると、能動カテーテル1は、ライナーコイル2とリンク3とを交互に並べて嵌挿する内側チューブ4と、各リンク3間を連結する形状記憶合金（Shape Memory Alloy：以下、「SMA」と記す。）のアクチュエータ5と、リンク3の上面に配設された電極パターンに接合するリード線6と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7とを備えている。内側チューブ4の内空間は能動カテーテルのワーキングチャンネルとして利用され、このワーキングチャンネルは、液体の注入・吸引、様々な道具の出し入れなどに使用されるものである。SMAアクチュエータ5は通電して直接加熱され、通電加熱抵抗値フィードバック方式によりコイル状のSMAを伸縮させ、SMAアクチュエータとして利用されている。

【0004】図32はリンクを示す外観図である。図32に示すように、能動カテーテルの骨格にあたるリンク3は、下部シリコン11と、この下部シリコン11上に接合された下部ガラス13と、この下部ガラス13と上部ガラス17との間に接合された上部シリコン15とを有し、図32の斜線で示す下部シリコン11の下面及び下部ガラス13の両側面にアルミニウム電極が形成されている。また上部シリコン15にも、適宜の箇所にコンタクトホール8が設けられ、そのコンタクトホール8の壁にはアルミニウム電極が形成されている。上部ガラス17の上面に形成されている溝はリード線を配設するためのものであり、図32で示す三箇所のスロット12はSMAコイルを配設するためのものである。

【0005】次に、従来の能動カテーテルの製作方法について説明する。図33を参照すると、下部シリコン11及び上部シリコン15は半導体プロセスのエッチング技術などにより製作されるものであり、下部ガラス13及び上部ガラス17は板状のパイレックスガラスをグラ

インディング技術などによって微細加工して形成される。これらは陽極接合により完全に接合され、アルミニウム電極はスパッタリングにより形成されている。このように多数のリンクがダイシング、シリコンの結晶異方性エッチング及び陽極接合等により基板上に一括して製作され、ダイシングにより最終的に個々のリンクに分離切断され、図32に示すリンクが完成する。

【0006】次に、上記した従来の能動カテーテルの組立工程を説明する。図34は能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。先ず図34（a）に示すように、リンク3とライナーコイル2とを交互に所定個数まで内側チューブ4で連結していき、図34（b）に示すようにリンク3とライナーコイル2とを隙間なく配設する。次に、図34（c）、（d）に示すように、リンク3の各スロット12にSMAアクチュエータ5を配設してから導電性接着剤で固定し、He-Cdレーザーで硬化させる。さらに図34（e）に示すようにYAGレーザで各SMAコイルを切断する。そして図34（f）に示すように、各SMAアクチュエータ5に接続するリード線6を上部ガラス17の溝に配線し、さらに図34（g）に示すように外側チューブ7を被せて組立工程が終了する。

【0007】以上のようにして製作された能動カテーテルは、特定のSMAを選択して通電して加熱することにより曲げることができるようになっている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような能動カテーテルでは形状記憶合金を載せるリンクの製作プロセスが複雑であり、微細なマイクロマシンを製作する上でも加工の自由度に制限があり、最適な形態の設計が困難である。また、リンクの加工の自由度に制限があるためワーキングチャンネルを理想的な円形の空間に形成することが困難であった。さらに、リンクなどの構造体の重量の軽減化が求められている。

【0009】そこで、本発明はワーキングチャンネルの内空間を理想的な円形に形成できるリンクの構造体を軽量かつ簡易にした能動導管を提供するとともに、その組立工程を簡略にできる製造方法を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明のうち請求項1記載の能動導管は、ライナーコイルと、電極が形成されたMIDを用いたリンクと、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブと、各MIDを用いたリンク間を連結するSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータをMIDを用いたリンクに固定する非導電性接着部と、MIDを用いたリンク上の電極とともにSMAアクチュエータに電気的に接続するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備えるものである。また請求項2記載の能動導管は、



上記構成に加え、MIDのポリマーとして液晶ポリマーを使用した。

【0011】請求項3記載の能動導管は、能動導管の骨格となるリンクに電極を形成した高分子チューブを用いた。請求項4記載の能動導管は、リンクが熱収縮チューブである構成とした。請求項5記載の能動導管は、リンクを円盤状のリング型リンクに形成したものである。また請求項6記載の能動導管は、リング型リンクの鏝に切欠きを入れたものである。さらに請求項7記載の能動導管は、MIDを用いたリンクなどのリンクと固定部とを

10 一体的に非導電性接着剤で形成したもので、硬化するものであれば接着剤で十分である。

【0012】請求項8記載の能動導管は、内側チューブの外側に配設するSMAアクチュエータと、内側チューブとSMAアクチュエータとの間に間隔を設け保持するリンクと、内側チューブを内蔵するとともにSMAアクチュエータの外側に配設するライナーコイルと、SMAアクチュエータに通電するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える構成とした。請求項9記載の能動導管は、請求項8の構成に加え、ライナーコ

20 イルをSMAアクチュエータに通電する電気回路の接地としたものである。請求項10記載の能動導管は、非導電性処理したライナーコイルと、これに挟み込んで配設したコイル状のSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータに通電するリード線と、非導電性処理したライナーコイルに嵌挿する内側チューブと、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備えるものである。

【0013】請求項11記載の能動導管は、非導電処理したライナーコイルと、これに挟み込んで配設したコ

30 イル状のSMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータに通電するリード線と、非導電性処理したライナーコイルに当接して配設した内側チューブとを備え、SMAアクチュエータと内側チューブとを両端にて固定したものである。また請求項12記載の能動導管は請求項11の構成に加え、SMAアクチュエータと内側チューブとを両端にて非導電性接着剤で固定したことを特徴とする。さらに請求項13記載の能動導管は、SMAアクチュエータと内側チューブとを両端にて固定用リングに嵌挿し、SMAアクチュエータの端部を内側チューブに接

40 着剤で固定したことを特徴とする。また請求項14記載の能動導管は、内側チューブ両端を固定用コイルに嵌挿し、この固定用コイルにSMAアクチュエータを噛み合わせて固定したことを特徴とする。

【0014】また、請求項15記載の能動導管は、上記構成に加え、ライナーコイルがSMAライナーコイルであって、SMAライナーコイルに通電するリード線を備え、屈曲機構と伸張機構とを有することを特徴とするものである。請求項16記載の能動導管は、上記構成に加え、ライナーコイルが平線型ライナーコイルであることを特徴とする。請求項17記載の能動導管は、平坦な底

面を有するとともに中央に貫通孔を有する円柱であって、この円柱の頂面に対称中心を通る稜線を持つように形成した尖鋭部と、この稜線に対して対称な位置に形成した凹部とを有する駒型リンクを備え、駒型リンクの貫通孔に嵌挿する内側チューブと、駒型リンクの尖鋭部と平坦な底面とを隣り合わせて凹部に配設したSMAアクチュエータと、SMAアクチュエータに通電するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備える構成とした。また請求項18記載の能動導管は、上記構成に加え、駒型リンクの凹部に爪を設け、この爪に前記SMAアクチュエータを噛み合わせて配設したことを特徴とするものである。

【0015】本発明のうち請求項19記載の能動導管の製造方法は、リンクとライナーコイルとを交互に内側チューブで嵌挿して連結する工程と、リンクにSMAアクチュエータとリード線とを配設して導電性接着剤で固定する工程と、SMAアクチュエータとリード線とを非導電性接着剤でリンクに固定する工程と、例えばYAGレーザによりSMAアクチュエータを切断する工程とを備えるものである。また、請求項20記載の能動導管の製造方法はMIDを用いたリンクを用いる方法、請求項21記載の能動導管の製造方法は高分子チューブ型リンクを用いる方法、請求項22記載の能動導管の製造方法は熱収縮チューブを用いたリンクを用いる方法、請求項23記載の能動導管の製造方法はリング型リンクを用いる方法、請求項24記載の能動導管の製造方法は切欠きの入った鏝を有するリング型リンクを用いる方法であり、このようなリンクとSMAアクチュエータとリード線とを接続して製造する。

30 【0016】また、請求項25記載の能動導管の製造方法は、ライナーコイルに内側チューブを嵌挿し、内側チューブの両端にスペーサをはめる工程と、リード線をライナーコイルの上に配設してSMAアクチュエータを両端のスペーサ上に設置する工程と、リード線とSMAアクチュエータとを導電性接着剤で固定する工程と、SMAアクチュエータを非導電性接着剤で内側チューブに固定してリンクを形成する工程とを備える構成である。

40 【0017】請求項26記載の能動導管の製造方法は、内側チューブの両端にスペーサをはめ、この両端のスペーサにて支持棒及びSMAアクチュエータの両端を接着剤で固定してリンクを形成する工程と、支持棒に当接し同軸にライナーコイルを配設する工程と、SMAアクチュエータに通電するリード線を固定し配線する工程と、非導電性接着剤で上記SMAアクチュエータをライナーコイルに固定する工程と、SMAアクチュエータの片端及び支持棒の両端を切断して取り除く工程と、外側チューブを被せる工程とを備えるものである。請求項27記載の能動導管の製造方法は、請求項25又は26の構成に加え、ライナーコイルが導電性ライナーコイルであって、この導電性ライナーコイルと各SMAアクチュエー

タとを導電性接着剤で固定する工程を備えたことを特徴とする。請求項28記載の能動導管の製造方法は、非導電性処理したライナーコイルの外側から対称な位置にSMAアクチュエータを伸ばして挟み合わせる工程と、SMAアクチュエータに通電するリード線を固定し配線する工程と、内側チューブを非導電性処理したライナーコイルに嵌挿する工程と、外側チューブを被せる工程とを備えるものである。

【0018】また、請求項29記載の能動導管の製造方法は、非導電性処理したライナーコイルの外側にSMA  
10 アクチュエータを伸ばして挟み合わせる工程と、SMA  
アクチュエータに通電するリード線を固定し配線する工程と、一端が閉じたキャップを有する外側チューブを被せる工程とを備える構成とした。さらに、請求項30記載の能動導管の製造方法は、内側チューブを非導電性処理したライナーコイルの内側に当接して配置する工程と、内側チューブに対向する位置にて非導電性処理したライナーコイルを噛むようにコイル状のSMAアクチュエータを伸ばして配設し固定する工程と、SMAアクチュエータの両端に通電するリード線を固定し配線する工程と、SMAアクチュエータと内側チューブとの両端を非導電性接着剤で固定する工程と、外側チューブを被せる工程とを備えるものである。

【0019】以上のように本発明は構成されており、請求項1記載の発明では、MIDによるリンクを用いているので、リンクが軽量で微細化かつ簡略化し、能動導管の外径が小さくなる。このようなMIDを用いたリンクは表面に電極を形成した複雑な構造体であっても射出形成で大量生産できるので、リンクが廉価に製造できるとともに、リンクの製造工程が簡略化される。請求項2記載の発明では、MIDを用いたリンクが液晶ポリマーであるのできわめて軽量になり、また従来のように複数の部材を結合して製作しなくても、一体的な構造体のリンクとすることができる。

【0020】請求項3記載の発明では、チューブを切断するだけでチューブ型リンクを作製できる。請求項4記載の発明では、熱収縮させるだけで能動導管が簡単にでき、しかもその構造は極めて単純であり軽い。請求項5記載の発明では、SMAアクチュエータを固定する部位を極めて小さくし得る。請求項6記載の発明では、リング型リンクの鏝に切欠きを入れているので、SMAアクチュエータのコイル素線を簡単に挟んで固定することができる。請求項7記載の発明では、リンク自体が硬化した接着剤で形成し得るので、極めて簡単かつ軽量になる。

【0021】請求項8記載の発明では、ライナーコイルが外側チューブを裏打ちし、SMAアクチュエータが屈曲したときに外側チューブの伸びが分散する。さらに、ライナーコイルがカテーテルの内部構造を機械的に保護する役目も果たす。したがって、外骨格型能動カテーテ  
50

ルでは外界の圧迫にも強くなる。またSMAアクチュエータをライナーコイルから一定の間隙を保って外側チューブと離して内側に配設しているため、伸縮時のSMAアクチュエータの発熱による外部への影響が減る。したがって、能動カテーテルの使用環境によらず安全性が高くなる。請求項9記載の発明では、SMAアクチュエータを駆動する配線数を減らすことができる。

【0022】請求項10及び11記載の発明では、ライナーコイルが外側チューブの変形を助け、この外側チューブの伸びが局所的に集中せず分散する。さらにSMAアクチュエータと非導電性ライナーコイルが機械的に噛み合うので構造が強固になり、壊れにくい。請求項12乃至14記載の発明では、SMAアクチュエータを機械的に固定するので強固になる。請求項15記載の発明では、能動導管が屈曲及び伸張運動をする。請求項16記載の発明では、ライナーコイルの外径がより小さくなる。医療用導管などでは、導管が座屈してしまわないようにライナーコイルを配置しているが、このライナーコイルを平線型ライナーコイルにすると外径を小さくすることができる。またライナーコイルは平板な平線で形成されたものが望ましく、同じ外径であれば、より広くワーキングチャンネルを確保できるようになる。請求項17記載の発明では、SMAアクチュエータに通電加熱することにより任意の方向に多関節で屈曲する。請求項18記載の発明では、SMAアクチュエータを駒型リンクに噛み合わせるだけで機械的に強固に固定できる。

【0023】請求項19乃至24記載の発明では、軽量で微細化かつ簡略化したリンクになり、外径が小さく、かつ、ワーキングチャンネルが広い能動導管を提供することができる。またリンク形成の自由度が大きいためワーキングチャンネルの内空間を理想的な円形に作製できる。請求項25記載の発明では、軽量で簡単な構造のリンクを組み立てることができる。請求項26記載の発明では、簡単なリンク構造を有する外骨格型の能動カテーテルを細径化して製造できる。請求項27記載の発明では、SMAアクチュエータに対応して導線性ライナーコイルを適宜の箇所  
30

【0024】請求項28乃至30記載の発明では、リンクの形成がSMAアクチュエータをライナーコイルに固定する工程と兼ねている。

【0025】

【発明の実施の形態】本発明の能動導管には、ライナーコイルをSMAアクチュエータの内側に配設した内骨格型と外側に配設した外骨格型があり、さらにライナーコイルを用いないタイプもある。本発明の能動導管は、SMAアクチュエータと、このSMAアクチュエータを保持するリンクと、リンクに嵌挿する内側チューブと、SMAアクチュエータに通電するリード線と、これらを覆って内蔵する外側チューブとを備えていけばよい。また

内側チューブがない場合はワイヤー状の能動導管になる。

【0026】本発明の内骨格型の能動導管は、ポリマー射出成形体表面に無電解メッキなどの方法で電極（回路）を形成した部品でなる成形回路部品、すなわちMID（Molded Interconnect Device）からなるリンクやリンクの機能を有する構造体をリンクとして使用したものである。

【0027】以下、図面を参照して、従来例と実質的に同一又は対応する部材には同一符号を用いて、本発明の好適な実施の形態を詳細に説明する。以下の実施形態は能動導管として能動カテーテルに適用した場合の例であるが、本発明はカテーテルのみならず、冒頭で既述した各種の機器類や玩具等に広く適用し得る。

【0028】先ず、ライナーコイルがSMAアクチュエータの内側に配設された内骨格型の能動カテーテルについて説明する。図1は第1の実施形態のMID型能動導管を能動カテーテルとして利用した場合の透視図である。この第1の実施形態は成形回路部品（以下、「MID」（Molded Interconnect Device）という。）からなるリンクを利用したものである。図1を参照すると、本発明の第1の実施形態は、ライナーコイル2と、電極24、25が形成されたMIDを用いたリンク30と（図2参照）、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブ4と、各MIDを用いたリンク30間を連結するSMAアクチュエータ50と、このSMAアクチュエータ50をMIDを用いたリンクに固定する非導電性接着部26と、MIDを用いたリンク30上の電極24、25とともにSMAアクチュエータ50に電気的に接続されるリード線6と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7とを備え、内側チューブ4の内空間が能動カテーテルのワーキングチャンネルとなっている。このワーキングチャンネルは、液体の注入・吸引、様々な道具の出し入れなどに利用される。またライナーコイルは、医療用カテーテルや内視鏡でワーキングチャンネルが全体の屈曲により座屈してしまわないように、チューブ内壁に裏打ちするように配置したものである。

【0029】本実施形態のSMAアクチュエータ50は、例えば素線径が $\phi 50\mu\text{m}$ 、外径が $\phi 250\mu\text{m}$ である。ライナーコイル2は、リンクとライナーコイルの接触面に均一に力が加わるようにするため、端面がクローズドエンドに形成されている。さらに、能動カテーテルの屈曲により、ライナーコイルとSMAアクチュエータとが電気的にショートされてしまうのを避けるため、ライナーコイル2の表面には絶縁膜が形成されている。このようにライナーコイルを非導電性処理する絶縁膜はバリレンを蒸着することにより形成される。このようなバリレン蒸着では、いかなるプラスチックでも到達しえない $0.2\mu\text{m}$ 程度の厚さで製膜できものであるが、本実施形態では絶縁を確実にするために $1\mu\text{m}$ 前後の膜厚

にしている。なお、両端をクローズドエンドにカットされた本実施形態のライナーコイル2は外径 $\phi 0.6\text{mm}$ 、自由高さ $5\text{mm}$ 程度である。

【0030】能動カテーテルに使用される内側チューブ4は外径 $\phi$ が $1\text{mm}$ 以下と小さく、かつ、肉厚のできるだけ薄いチューブである必要から、材質として例えばシリコンゴム、ポリエチレン、ポリウレタン、テフロン等が利用できるが、加工性や伸縮性などの観点から、本実施形態では外径 $\phi 0.5\text{mm}$ 、内径 $\phi 0.3\text{mm}$ のシリコンゴムチューブを使用している。なお、外側チューブ7は柔らかさから、外径 $\phi 1.2\text{mm}$ 程度のシリコンゴムを使用するのがよい。

【0031】図2はMIDを用いたリンクの外観図である。図2を参照すると、第1の実施形態にかかるMIDを用いたリンク30は断面の外形が三角形に形成され、能動カテーテルの外側チューブ7との間にも空間を確保できるようになっており、斜線で図示する位置に無電解メッキなどで電極24、25が形成されている。この電極24はSMAアクチュエータ50の共通電極となるものであり、この実施形態では一周しているが上辺がなくてもよい。またMIDを用いたリンク30の外端部には、SMAアクチュエータ50を配設するスロット32が三箇所形成され、さらに内側チューブ4にリンク30を固定する接着剤を塗るための凹部34も三箇所形成されている。さらにSMAアクチュエータが固定されるスロット32には切り込み溝27、27が設けられており、コイル状のSMAアクチュエータ30を設置後、この溝にリード線6を挟み込んで固定できるようになっている。

【0032】MIDは射出成形体表面に無電解メッキなどの方法で電極を形成した部品であるが、本実施形態では $1\text{mm}$ 以下の微細構造であるため液晶ポリマーを用いてツーショット（モールド）法で形成されている。この液晶ポリマーは液状でありながら結晶の性質を示すものであり、上記方法により最も複雑な三次元回路を形成することができる。液晶ポリマーの材料としては、メッキ被膜の耐熱性及び密着性のよいものが望ましい。なお、本実施形態のMIDを用いたリンク30の電極形成はPd（パラジウム）付加後、Cuメッキを行い、その後表面にAuメッキを行っている。

【0033】図3はSMAアクチュエータに通電する回路図である。図3では、第1の実施形態の1関節にのみ通電する回路を概略例示したもので、電源は乾電池を例として図示した。図3における電極24、25はMIDを用いたリンク30の電極24、25を略したもので、共通電極24は上記したように一辺がなくてもSMAアクチュエータを通電する電気回路として機能する。第1の実施形態のようにMIDを用いたリンク30の電極24を共通グランドにすると、共通グランドがない場合に比べて二本の配線を減らすことができ、1関節あたり四

本の配線まで減らすことができ、微細構造に適するようになる。なお、SMAアクチュエータを制御するには集積回路を設置し、共通の三本のリード線で電源供給や多重通信を行い、特定のSMAを選択して曲げることが可能である。

【0034】次に、MIDを用いた能動カテーテルの組立工程を説明する。図4はMIDを用いた能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。図4を参照すると、まず図4(a)に示すように、MIDを用いたリンク30とライナーコイル2とを交互に所定個数まで内側チューブ4で連結していく。次に図4(b)に示すように、MIDを用いたリンク30のスロット32にSMAアクチュエータ50を配設しリード線6を切り込み溝27(図2に示す)に挟み込んで固定して、導電性接着剤で固定する。そして図4(c)に示すように、これらを非導電性接着剤でMIDを用いたリンク30に固定して、非導電性接着部26を形成する。この非導電性接着剤は、耐熱性の室温硬化エポキシ樹脂又はエポキシ樹脂にフィラーを混入して加熱時に柔らかくなり難くした接着剤を使用する。なお、フィラーとしては非導電性である必要から、粒径10~30 $\mu$ mのシリカ球状粒子を使用するのがよい。

【0035】次に図4(d)に示すように、例えばYAGレーザなどを用いて両切り込み溝27、27の中央にて(図2を参照のこと)各SMAアクチュエータ50を切断する。なお、図4(d)において非導電性接着部26の穴は切断箇所を示す。最後に、リード線6を取り出しつつ外側チューブ7を被せて組立工程が終了する。なお、常温硬化型導電性接着剤は能動カテーテルに使用するSMAコイルが摂氏40度~50度程度の温度から収縮し始めるので、加熱して硬化させる接着剤としては導電性を有し、かつ、常温で硬化する接着剤である必要から、紫外線硬化樹脂やエポキシ樹脂に導電性のフィラーを混ぜたものを使用するのがよい。

【0036】次に、第1の実施形態の作用を説明する。SMAアクチュエータに通電し制御することにより、SMAコイルが伸縮し自ら蛇のように運動して狭いところに入っていく。そして能動カテーテルのワーキングチャンネルと呼ばれる空間から液体の注入又は吸引、マイクロツールなどの出し入れをし、医療では診断や治療などを、或いは複雑な機械や配管では能動管状物として検査やメンテナンスなどを行う。この第1の実施形態では、能動カテーテルの骨格になるリンクが液晶ポリマーで形成したMIDを用いたリンクであるので、シリコンとガラスで形成された構造体に比べて軽量になる。またリンクの構造体を微細化しかつ簡略化でき、ワーキングチャンネルを確保しながら外径の小さい能動カテーテルの作製ができる。またリンク形成の自由度が大きいため、ワーキングチャンネルの内空間を理想的な円形に作製できる。さらにMIDを用いたリンクの断面の外径を三角形

状にすることで、断面が円形の能動カテーテルの外装の間にも空間を確保することができる。したがって、この空間に配線を減らすための回路、圧力センサ及び能動カテーテルの曲がりセンサ等の微小なセンサ並びに細長い形状のセンサを入れることが可能になる。したがって、二方向屈曲型でも四方向屈曲型でも多関節機構が実現できる。

【0037】次に、第2の実施形態を説明する。図5は本発明の能動導管の第2の実施形態として、チューブ型能動カテーテルに利用した場合を示す外観図である。この第2の実施形態では、MIDを用いたリンクに代えてチューブ型リンクを使用している。図5を参照すると、第2の実施形態によるチューブ型能動カテーテルは、ライナーコイル2と、電極24、25が形成された高分子チューブからなるチューブ型リンク40と、これらを交互に並べて嵌挿する内側チューブ4と、各チューブ型リンク40間を連結するSMAアクチュエータ50と、このSMAアクチュエータ50をチューブ型リンクに固定する非導電性接着部26と、チューブ型リンク40上の電極24、25とともにSMAアクチュエータ50に電氣的に接続されるリード線6と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7とを備えている。なお、高分子チューブ上に形成される電極24はSMAアクチュエータの共通電極であり、高分子チューブを一周して形成してもよい。或いはC形状であってもよい。これは第1の実施形態の共通電極の一辺がなくてもよいのと同じ理由である。

【0038】次に図5のチューブ型能動カテーテルの組立工程を説明する。図6はチューブ型能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。まず図6(a)に示すように、チューブ型リンク40とライナーコイル2とを交互に所定個数まで内側チューブ4で連結していく。次に図6(b)に示すように、チューブ型リンク40の配線パターン上にSMAアクチュエータ50とリード線6とを導電性接着剤で固定する。この導電性接着剤は電氣的接続を確実にするために有効である。さらに図6(c)に示すように、これらを非導電性接着剤で高分子チューブに固定することにより非導電性接着部26を形成する。そして、図6(d)に示すように、例えばYAGレーザを用いて、各SMAアクチュエータ50を切断する。なお、図6(d)において非導電性接着部26の穴は切断箇所を示す。最後にリード線6を取り出しつつ外側チューブ7を被せることにより組立工程が終了する。

【0039】第2の実施形態は以上のように構成されており、この第2の実施形態では能動カテーテルの骨格になるリンクが高分子チューブでできるので、リンクの構造体を簡略化でき、広いワーキングチャンネルを確保しながら外径の小さい能動カテーテルの作製ができる。

【0040】次に、第3の実施形態を説明する。図7は本発明の能動導管の第3の実施形態として、接着型能動

カテーテルとした場合の外観図である。なお、図7において外側チューブは省略している。この第3の実施形態では接着剤でリンクを形成したものである。図7を参照すると、この第3の実施形態の接着型能動カテーテルは、ライナーコイル2と、このライナーコイル2に嵌挿するシリコンゴム製の内側チューブ4と、この内側チューブ4に沿って配設したSMAアクチュエータ50とリード線6とを所定間隔ごとに導電性接着剤で固定した台座60と、この台座60のところでSMAアクチュエータ50とリード線6とを覆って内側チューブに固定する非導電性接着部62とを備え、接着剤でリンク構造体を形成している。なお、ライナーコイル2の表面は絶縁膜が形成されている。

【0041】上記接着型能動カテーテルの組立工程を、接着型能動カテーテルの組立工程を示す図8を用いて説明する。まず、図8(a)及び(b)に示すように、ライナーコイル2に内側チューブ4を嵌挿し、両端にシリコンゴムチューブのスペーサ81、81をはめる。続いて、図8(c)に示すように、リード線6をライナーコイル2の上にのせてSMAアクチュエータ50を両端のスペーサ81、81の上に設置する。そして、図8(d)に示すように、リード線6とSMAアクチュエータ50とを微量の導電性接着剤60で固定し、次いで図8(e)に示すように、非導電性接着剤で確実に非導電性接着部62を形成して、MIDを用いたリンクと同様の作用を有するリンクと固定部とを形成する。さらに図8(f)に示すようにYAGレーザ等を用いてSMAアクチュエータ50を切断する。以上の図8(c)～(f)の工程を3回繰り返す、最後にスペーサ81を取り出すと図7で示したようになる。この後リード線6を取り出しつつ外側チューブを被せることにより組立工程が終了する。

【0042】第3の実施形態は以上のように構成されており、リンク構造体が接着剤で形成されるので極めて軽量になるとともに、リンク構造を極めて簡単にできる。またリンク構造体を長手方向に短くでき、SMAアクチュエータの駆動部分を長くとることができる。

【0043】次に第4の実施形態を説明する。この第4の実施形態は第3の実施形態における絶縁膜が被覆されたライナーコイル2に代えて導電性のライナーコイル92を用い、これをSMAアクチュエータに通電するときの電気的なグランドとすることで配線数を減らしたものである。図9は本発明の第4の実施形態の配線数を減らす接着型リンクの能動カテーテルを示す外観図である。この第4の実施形態による接着型リンクの能動カテーテルは、導電性ライナーコイル92に内側チューブ4を嵌挿し、所定間隔でリード線6とSMAアクチュエータ50とを電気的に接続した後、導電性ライナーコイル92上で非導電性接着剤51で固定し、その上から非導電性接着剤で内側チューブに確実に固定している。さらに図

9に示すように導電性ライナーコイル92とSMAアクチュエータ50とは導電性接着剤52で接続されている。この第4の実施形態ではSMAアクチュエータを切断していない。なお、図9において外側チューブは省略されている。

【0044】図10は第4の実施形態の実際の回路部と等価回路を示した図である。電流は抵抗値に従って分割されるため、両側のSMAアクチュエータに電流を流しても駆動したくない中間のSMAアクチュエータには無視できるほどのわずかな電流しか流れない。したがって図10(b)に示すように、両側に挟まれたSMAアクチュエータに通電せずに、AとBのスイッチをオンにして両端のSMAアクチュエータを収縮させることができる。したがって第4の実施形態ではライナーコイルを接地することで配線数を減らすことができ、すなわち1関節あたり3本となり、かつ、YAGレーザ等によるSMAアクチュエータの切断プロセスが不要になる。また能動カテーテルの屈曲によりライナーコイルとSMAアクチュエータとが電気的にショートしてしまうような場合は、配置されるリンクのピッチを短くするか又は導電性ライナーコイル全面にバリレンを蒸着後、導電性が必要な部分のみをレーザなどでバリレンを除去することで防ぐことができる。

【0045】次にライナーコイルをSMAアクチュエータの外側に配設した外骨格型の能動カテーテルについて説明する。図11(a)は第5の実施形態の外骨格型の能動カテーテルを示す外観図であり、図11(b)は図11(a)のA-A線断面図である。図11(a)及び(b)を参照すると、第5の実施形態の外骨格型能動カテーテルは、内側チューブ4の外側に隙間を設けて配設されたSMAアクチュエータ50と、内側チューブ4とSMAアクチュエータ50との間に隙間を設け支持するリンクとなる保持部材100と、SMAアクチュエータ50の外側に適宜の箇所では非導電性接着剤106により固定されるとともに片端を各SMAアクチュエータ50と電気的に共通に接続された導電性ライナーコイル92と、SMAアクチュエータ50に通電するリード線6と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7とを備え、内側チューブ4の内空間が能動カテーテルのワーキングチャンネルとなっている。なお、導電性ライナーコイル92はSMAアクチュエータ50に通電する電気回路の接地になっており、この一方の他端がリード線6に接続されている。

【0046】リンクとなる保持部材100は、例えばシリコンゴムチューブのスペーサ81と、支持棒となる所定長さに切断された金属棒101とを有し、SMAアクチュエータ50と金属棒101がスペーサ81に接着剤で固定されている。能動カテーテルは例えば血管内などの液体中で使用されるため、外側チューブ7には密閉性に優れたものを選択し、さらに能動カテーテルの屈曲特

性を損なわないために伸展性に富む薄肉のシリコンチューブが適している。

【0047】外骨格型能動カテーテルの導電性ライナーコイル92は内骨格型に比べ径を大きくしており、例えば素線径が約 $\phi 0.09\text{mm}$ 、外径が約 $\phi 1.6\text{mm}$ 、自由高さが $17.4\text{mm}$ である。この導電性ライナーコイル92は本来の素線径が $\phi 0.12\text{mm}$ であったものを王水（36%塩酸：60%硝酸：水＝1：1：3）でエッチングして微細化して作製したものである。なお、SMAアクチュエータ、導電性接着剤及び非導電性接着剤は内骨格型能動カテーテルで用いたものと同様のもの

で十分である。またSMAアクチュエータ50及び導電性ライナーコイル92とリード線6との接続配置は、導電性ライナーコイル92を接地した図10に示す回路と同様である。

【0048】次に外骨格型の能動カテーテルの組立工程を説明する。図12及び図13は外骨格型能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。なお、図12及び図13において各工程図と合わせてA-A線概略断面図を示した。先ず図12(a)に示すように内側チューブ4の両端にスペーサー81、81をはめ、図12(b)及び(c)に示すようにSMAアクチュエータ50より径がわずかに大きい金属棒101を非導電性接着剤106で固定し、次いでSMAアクチュエータ50を非導電性接着剤106で固定する。そして図12(d)に示すように導電性ライナーコイル92を被せる。図12(d)と合わせて示した断面図を参照して、金属棒101により導電性ライナーコイル92が同軸に配設され、SMAアクチュエータ50と導電性ライナーコイル92との間に一定の間隔が保たれている。

【0049】さらに図12(e)に示すように、導電性ライナーコイル92の一端と各SMAアクチュエータ50の一端とを導電性接着剤で固定するとともに、リード線6を導電性ライナーコイル92の他端及び各SMAアクチュエータ50の他端に導電性接着剤52で固定する。このように導電性ライナーコイル92を各SMAアクチュエータ50の共通電極、すなわち共通グランドとして利用できるようになっている。次いで図13(f)に示すように、適宜の箇所に非導電性接着剤106でSMAアクチュエータ50を導電性ライナーコイル92に固定し、接着固定部を形成する。さらに図13(g)に示すように各SMAアクチュエータ50の一端、つまり片端及び金属棒101の両端を例えばYAGレーザ等を用いて切断する。そして図13(h)に示すように切断した金属棒101とSMAアクチュエータ50などを抜き取り、図13(i)に示すように外側チューブ7を被せて完成する。

【0050】なお、本組立工程では図13(g)に示したように、SMAアクチュエータ50の片端を切断する場合を説明したが、SMAアクチュエータ50の片端で

ない場合、すなわち、複数の導電性ライナーコイル92が配設されている場合は金属棒101を切断する。その場合、外骨格型能動カテーテルを完成させるためには金属棒101を2ヶ所以上で切断することになるが、SMAアクチュエータ50と金属棒101との間に隙間があるため、この隙間を利用して金属棒101を抜き取ることができる。なお、複数の導電性ライナーコイル92の場合、最端部では組立工程で説明したように金属棒101だけでなくSMAアクチュエータ50の片端も切断する。

【0051】次に第5の実施形態の外骨格型能動カテーテルの作用について説明する。この第5の実施形態の外骨格型能動カテーテルの作用はライナーコイルがSMAアクチュエータの内側に配設された内骨格型の第1の実施形態と同様である。特に第5の実施形態のような構成の外骨格型能動カテーテルでは、導電性ライナーコイル92がSMAアクチュエータ50の外側に配設されているため、導電性ライナーコイル92が外側チューブ7を裏打ちしており、SMAアクチュエータ50が屈曲したときに外側チューブ7の伸びが分散する。したがって、外側チューブ7の局所的な伸展を防ぐことができる。さらに、導電性ライナーコイル92がカテーテルの内部構造を機械的に保護する役目も果たす。したがって、外骨格型能動カテーテルでは外界の圧迫にも強くなる。またSMAアクチュエータ50を導電性ライナーコイル92から一定の間隔を保って外側チューブ7と離して内側に配設しているため、伸縮時のSMAアクチュエータ50の発熱による外部への影響が減る。したがって、能動カテーテルの使用環境によらず安全性が高くなる。

【0052】次に外骨格型能動カテーテルの別タイプを第6の実施形態として説明する。図14は第6の実施形態の外骨格型能動カテーテルの別のタイプの概略図であり、図15は図14のA-A線断面図である。図14を参照して、第6の実施形態は、内側チューブ4が挿入された非導電性処理したライナーコイル102に外側から適宜の箇所にて挟み込まれたSMAアクチュエータ50と、伸縮の一単位となる各SMAアクチュエータ50の両端に接続されたリード線6と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7とを備えている。図15に示すように、第6の実施形態は非導電性処理したライナーコイル102にSMAアクチュエータ50を挟み込ませて対称に配置する構成である。

【0053】次に第6の実施形態の組立工程について説明する。図16は第6の実施形態の組立工程を示す工程図である。各工程図(a)～(d)と合わせてA-A線概略断面図を示した。先ず図16(a)及び(b)に示すように、非導電性処理したライナーコイル102の外側から対称な位置にSMAアクチュエータ50を伸ばして挟み合わせる。次に図16(c)及び(d)に示すように、リード線6を導電性接着剤で固定し、リード線6

を内側に配線する。そして、図16(e)及び(f)に示すように、ワーキングチャンネルとなる内側チューブ4を挿入し、これらを覆って外側チューブ7を被せて完成する。また図16(d)の組立工程から一端が閉じたキャップになったキャップ付き外側チューブ107を被せて能動ガイドワイヤーが完成する。この能動ガイドワイヤーは内部にワーキングチャンネルを備えていないが能動カテーテルよりも更に細径化し、蛇のように動かすことのできる能動ワイヤーである。

【0054】このように第6の実施形態では非導電性処理したライナーコイルが外側チューブの変形を助け、この外側チューブの伸びが局所的に集中せず分散する。さらにSMAアクチュエータと非導電性処理したライナーコイルが機械的に噛み合うので構造が強固になり、壊れにくい。また組立工程が簡単になり、第5の実施形態に比べ更に細径化を図ることができる。

【0055】以上のような外骨格型能動カテーテルでは外骨格にあたるライナーコイルには通常ステンレスコイルばねなどを用いているが、このライナーコイルに通電加熱で伸張する形状記憶合金を用いることもできる。したがって、通電加熱により縮んで屈曲するSMAアクチュエータと、通電加熱により伸張するSMAライナーコイルとを組み合わせて、屈曲機構と伸張機構とを有する能動カテーテルができる。図17(a)はSMAライナーコイルとSMAアクチュエータとリード線6とを備えた屈曲及び伸張機構を備えた外骨格型能動カテーテルを示す一部概略図である。図17(b)は図17(a)の概略断面図であり、矢印と数字は屈曲方向を示す。図17(b)を参照して、例えば「2」の方向へ屈曲させる場合は二本のSMAアクチュエータ50a、50cを同時に通電加熱すればよく、また能動カテーテルを短縮させるときは三本のSMAアクチュエータを同時に通電加熱すればよい。さらに能動カテーテルを伸張させる場合はSMAライナーコイル104に通電加熱すればよい。なお、図18(a)及び(b)は屈曲機構と伸縮機構を併せ持った能動カテーテルが血管内を屈曲及び伸張により分岐を選択する様子を示したものである。

【0056】次に第7の実施形態を説明する。この第7の実施形態は以上説明した多関節多方向の屈曲動作をするのとは異なり、SMAアクチュエータは一本のみで一方の屈曲動作をするように簡略化されたものである。図19(a)は第7の実施形態の一方向型能動カテーテルの一部外観図であり、図19(b)は図19(a)のA-A線断面図である。図19(a)及び(b)を参照して、第7の実施形態の一方向型能動カテーテルは、非導電性処理したライナーコイル102と、この非導電性処理したライナーコイル102の外側又は内側から適宜の箇所で噛み合わせて固定した一本のSMAアクチュエータ50と、このSMAアクチュエータ50の両端に電気的に接続されたリード線6と、配設されたSMAアクチ

ュエータ50に対向した位置にて、このSMAアクチュエータ50と両端が非導電性接着剤106で固定されている内側チューブ4と、これらを覆って内蔵する外側チューブ7(図示せず)とを備え、内側チューブ4の内空間がワーキングチャンネルとなっている。なお、非導電性ライナーコイル102と内側チューブ4とは適宜の箇所で非導電性接着剤で固定していてもよい。

【0057】次に第7の実施形態の組立工程について説明する。図20は第7の実施形態の組立工程を示す工程図である。各工程図(a)～(e)と合わせてA-A線概略断面図を示した。先ず図20(a)に示すように、内側チューブ4を導電性ライナーコイル92の内側に配置し、図20(b)に示すように内側チューブ4に対向する導電性ライナーコイル92の位置に非導電性接着剤106を塗布して、この導電性ライナーコイル92を非導電化処理して非導電性処理したライナーコイル102を作製し、この塗布部を噛むようにSMAアクチュエータ50を伸ばして配設し固定する。なお、非導電性処理したライナーコイル102は表面全体を絶縁膜で覆って非導電性処理したものでよい。この場合、図20(b)に示す工程は不要であり、図20(a)で示す工程で当初から非導電性処理したライナーコイルを使用すればよい。なお、非導電性ライナーコイル102と内側チューブ4とは適宜の箇所で非導電性接着剤106で固定していてもよい。次にSMAアクチュエータ50の両端にリード線6を導電性接着剤52で固定し、SMAアクチュエータ50及び内側チューブ4の両端を非導電性接着剤106で固定する。そして、これらを覆って外側チューブ(図示せず)を被せて完成する。

【0058】次に、一方向型能動カテーテルの内側チューブ4とSMAアクチュエータ50との別の結合構造を説明する。図21(a)は一方向型能動カテーテルの固定用リングを用いた端部の結合構造、(b)は固定用コイルを用いた端部の結合構造を示す一部概略図である。図21(a)を参照して、固定用リングを用いて固定する場合、SMAアクチュエータ50と内側チューブ4とを両端にて固定用リング103に嵌挿させ、内側チューブ4端部の下側、つまり能動カテーテルの内側及び非導電性処理したライナーコイル102の端部でSMAアクチュエータ50が非導電性接着剤106で固定されている。また図21(b)に示すように固定用コイル105を用いて固定する場合、内側チューブ4の両端に嵌挿させた固定用コイル105に、能動カテーテルの内側となる箇所でSMAアクチュエータ50を噛み合わせ、その噛み合わせた箇所とSMAアクチュエータ50の端部で噛み合わせた箇所が非導電性接着剤106で固定されている。このような構造にすると内側チューブとSMAアクチュエータとの結合構造の径が小さくなり、さらに機械的にSMAアクチュエータがライナーコイル端部及び内側チューブに固定されるので、接着剤による固定より



も強固になる。

【0059】次に、ワーキングチャンネルに超音波内視鏡を装填した第7の実施形態の一方向型能動カテーテルの作用について説明する。図22は下部腎杯の観察・診断に超音波内視鏡を装填した一方向型能動カテーテルを使用した概念図を示す。超音波内視鏡は先端部に配置された一つの平面振動子をフレキシブルシャフトで回転させるタイプである。SMAアクチュエータ50に通電加熱することによりSMAアクチュエータが収縮し、超音波内視鏡、内側チューブ4及び外側チューブ7が屈曲する。駆動電流を遮断すると超音波内視鏡のフレキシブルシャフトとSMAアクチュエータの復元力により屈曲状態から元の状態に戻る。このような構成により、第7の実施形態では屈曲動作を制御することにより尿管から連続している腎盂及び腎杯などの狭いところに入っていくことができ、従来では視ることができなかった腎杯下部などの観察ができるようになる。

【0060】次に本発明にかかる各種リンクについて説明する。第8の実施形態は接着剤に代えて熱収縮チューブを使用したものである。図23は第8の実施形態の熱収縮チューブ型カテーテルの外観図である。なお図23において、外側チューブ、リード線等は省略している。図23を参照して、この熱収縮チューブ型カテーテルは、内側チューブの外側に熱収縮チューブ93をはめ込んで、この上に3本のSMAアクチュエータ50を設置し、次にアクチュエータ50の外側に熱収縮チューブ94をはめ込んでチューブの熱収縮によりSMAアクチュエータ50を熱収縮チューブ93に固定するもので、熱収縮チューブによりリンクが形成されている。なお、熱収縮チューブ93は内側チューブ4とSMAアクチュエータ50との接触を避けるものである。このような構成により、接着剤でリンクを形成する場合と比較して組立時間を短縮でき、材料の経時変化が少ない。

【0061】次に第9の実施形態を説明する。第9の実施形態はリンク構造体をリング型リンクとした能動カテーテルである。図24の(a)はリング型リンクの外観図であり、(b)はリング型リンクを用いた能動カテーテルの外観図である。なお、図24において外側チューブ、リード線等は省略している。図24を参照すると、第9の実施形態はリンク構造体の長手方向にできるだけ短い方がよいことから円盤状にしたものであり、図示するリング型リンク95には、SMAアクチュエータ50のコイル素線を挟む切欠き99が入った鐐97が設けられている。このリング型リンクはMID又は金属などの丈夫な材質のものをを用いる。

【0062】図25は第10の実施形態の三角形の鐐付きリング型リンクを示す外観図である。図25に示すリング型リンク98は、図24のリング型リンク95の鐐97をできるだけ三角形にして空間を有効活用できるようにしたものであり、SMAアクチュエータ50を

設置するため三箇所切欠き99を設けている。このようなリング型リンクでは、SMAアクチュエータを内側チューブから一定の距離をもって配置し、SMAアクチュエータと内側チューブとの接触をさける。したがってこのような構成にすると、SMAアクチュエータを固定する面積を小さくすることができる。

【0063】以上の各種リンクは内骨格型及び外骨格型の能動カテーテルにおいて使用できる。

【0064】次に、第11の実施形態の駒型リンクについて説明する。図26(a)は駒型リンクの上面図、(b)は左右対称の側面図、(c)は正面図を示す。図26(a)、(b)及び(c)に示すように、第11の実施形態の駒型リンク110は中央に貫通孔115を有し、尖鋭部127をなす稜線に対して対称に凹部121、121と凹部125、125とを有している。このような駒型リンクを四方向駒型リンクと呼ぶ。図26(a)に示す駒型リンク110は四箇所に凹部を設けているが、凹部121、121だけの二箇所に設けた二方向駒型リンクにしてもよい。これら駒型リンクの凹部にSMAアクチュエータが噛んで固定される爪109を設けておくといよい。図27は凹部に爪を設けた二方向駒型リンクを示す外観図である。

【0065】これらの駒型リンクを用いた能動カテーテルについて説明する。この駒型リンクを用いた能動カテーテルではライナーコイルは不要である。図28は二方向駒型リンクを用いた二方向屈曲型能動カテーテルの概略図である。図28に示すように、二方向屈曲型能動カテーテルは二方向駒型リンク130の凹部121、121にSMAアクチュエータ50を接着剤などで固定して連結し、隣り合った駒型リンクの尖鋭部127と平坦部128との間に関節を形成しており、駒型リンクの中央の貫通孔115に内側チューブ(図示せず)を挿入し、これらに外側チューブ(図示せず)を被せたものである。また爪付き二方向駒型リンク140では凹部121、121の爪109、109にSMAアクチュエータ50を噛み合わせて接着剤などで固定して連結し、隣り合った駒型リンクの尖鋭部127と平坦部128との間に関節を形成する。このような構成の二方向屈曲型能動カテーテルでは、例えば一方のSMAアクチュエータ50の両端に接続されたリード線(図示せず)により通電加熱すると一方側に屈曲し、他方のSMAアクチュエータ50に通電加熱すると他方側に屈曲する。

【0066】図29は四方向駒型リンクを用いた四方向屈曲型能動カテーテルの概略図である。図29に示すように、四方向屈曲型能動カテーテルは四方向駒型リンク110の尖鋭部127を交互に90度ずつ変え、尖鋭部127と平坦部128とを隣り合わせて配設し、駒型リンクの凹部に四本のSMAアクチュエータ50を接着剤などで固定し又は凹部に爪を設けた四方向駒型リンクの爪に四本のSMAアクチュエータ50を噛み合わせて固



定して、連結したものである。なお、その他の構成は二方向屈曲型能動カテーテルと同様である。このような構成の四方向屈曲型能動カテーテルでは、各SMAアクチュエータ50に通電加熱することにより四方向に屈曲し、多関節の屈曲ができる。図30(a)及び(b)は駒型リンクを用いた能動カテーテルの多関節の屈曲運動を示す概略図である。図30に示すように図30(a)の状態から、駒型リンク間のSMAアクチュエータを単位として、或いは、数個の駒型リンクに渡るSMAアクチュエータを単位として適宜制御して通電加熱すると、図30(b)に示すように多関節で屈曲する。したがって、二方向屈曲型でも四方向屈曲型でも多関節機構が実現できる。

【0067】本発明のようにSMAアクチュエータを用いる場合、屈曲などで作用する力がそれぞれのリンク構造体に均等に分散されるため、リンクを金属などのように丈夫な材質にする必要がない。したがって、本発明にかかるリンクは樹脂などの加工がし易く、大量生産に向いている材質で形成し利用することができる。

#### 【0068】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の能動カテーテルとその製造方法では、軽量で微細化かつ簡略化したリンクになり、外径の小さい能動カテーテルができるという優れた効果を奏することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態のMID型能動カテーテルの透視図である。

【図2】MIDを用いたリンクの外観図である。

【図3】SMAアクチュエータに通電する回路図である。

【図4】MIDを用いた能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。

【図5】本発明の第2の実施形態のチューブ型能動カテーテルを示す外観図である。

【図6】チューブ型能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。

【図7】第3の実施形態の接着型能動カテーテルの外観図である。

【図8】台座型能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。

【図9】本発明の第4の実施形態の配線数を減らす接着型リンクの能動カテーテルを示す外観図である。

【図10】第4の実施形態の実際の回路部と等価回路を示した図である。

【図11】(a)は第5の実施形態の外骨格型の能動カテーテルを示す外観図であり、(b)は図(a)のA-A線断面図である。

【図12】第5の実施形態の外骨格型能動カテーテルの組立工程(a)～(e)を示す工程図及び各A-A線断面図である。

【図13】第5の実施形態の外骨格型能動カテーテルの組立工程(f)～(i)を示す工程図及び各A-A線断面図である。

【図14】第6の実施形態の外骨格型能動カテーテル別タイプの概略図である。

【図15】図14のA-A線断面図である。

【図16】第6の実施形態の組立工程を示す工程図及び各A-A線断面図である。

【図17】(a)は屈曲及び伸張機構を備えた外骨格型能動カテーテルを示す一部概略図であり、(b)は図(a)の概略断面図である。

【図18】(a)及び(b)は屈曲機構と伸縮機構を併せ持った能動カテーテルが血管内に屈曲及び伸張により分岐を選択する様子を示す概略図である。

【図19】(a)は第7の実施形態の一方向型能動カテーテルの一部外観図であり、(b)は図(a)のA-A線断面図である。

【図20】第7の実施形態の組立工程を示す工程図及び各A-A線断面図である。

【図21】(a)は一方向型能動カテーテルの固定用リングを用いた端部の結合構造、(b)は固定用コイルを用いた端部の結合構造を示す一部概略図である。

【図22】下部腎杯の観察・診断に超音波内視鏡を装填した一方向型能動カテーテルを使用した概念図である。

【図23】第8の実施形態の熱収縮チューブ型カテーテルの一部を示す外観図である。

【図24】(a)はリング型リンクの外観図であり、(b)はリング型リンクを用いた能動カテーテルの一部を示す外観図である。

【図25】三角形の鐳付きリング型リンクを示す外観図である。

【図26】(a)は駒型リンクの上面図、(b)は左右対称の側面図、(c)は正面図である。

【図27】駒型リンクの凹部に爪を設けた二方向駒型リンクを示す外観図である。

【図28】二方向駒型リンクを用いた二方向屈曲型能動カテーテルの概略図である。

【図29】四方向駒型リンクを用いた四方向屈曲型能動カテーテルの概略図である。

【図30】四方向駒型リンクを用いた能動カテーテルの多関節の屈曲運動を示す概略図である。

【図31】従来の能動カテーテルを示す外観図である。

【図32】従来のリンクを示す外観図である。

【図33】従来のリンクの製作方法を示す概略図である。

【図34】従来の能動カテーテルの組立工程を示す工程図である。

#### 【符号の説明】

2 ライナーコイル

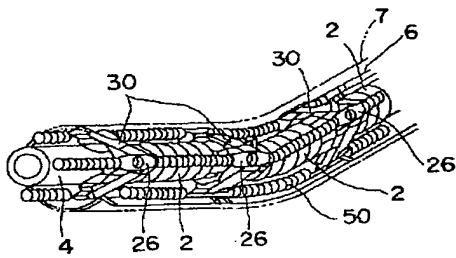
50 4 内側チューブ

25

26

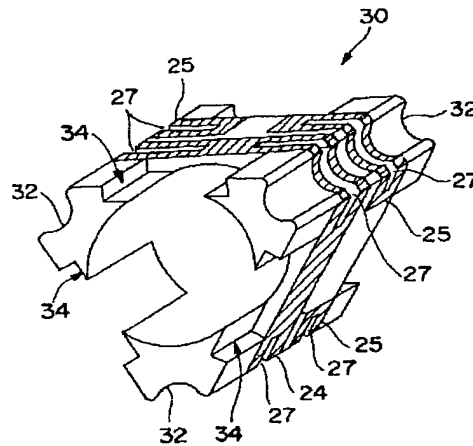
- 6 リード線
- 7 外側チューブ
- 24, 25 電極
- 26 非導電性接着部
- 27 切り込み溝
- 30 MIDを用いたリンク
- 32 スロット
- 34 凹部
- 40 チューブ型リンク
- 50 SMAアクチュエータ
- 52 導電性接着剤
- 60 台座
- 62 非導電接着部
- 92 導電性ライナーコイル
- 95 リング型リンク
- 96 スリット
- 97 鰐

【図 1】

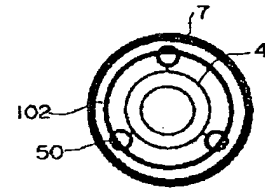


- 98 リング型リンク
- 99 切欠き
- 100 保持部材
- 101 金属棒
- 102 非導電性処理したライナーコイル
- 103 固定用リング
- 104 SMAライナーコイル
- 105 固定用コイル
- 51, 106 非導電性接着剤
- 107 キャップ付き外側チューブ
- 110 駒型リンク
- 115 貫通孔
- 121, 125 凹部
- 127 尖鋭部
- 128 平坦部
- 130 二方向駒型リンク
- 140 爪付き二方向駒型リンク

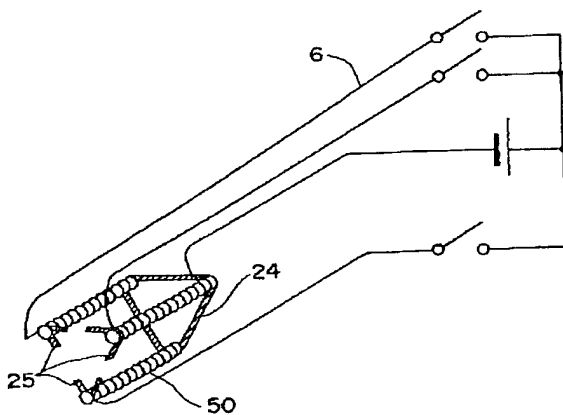
【図 2】



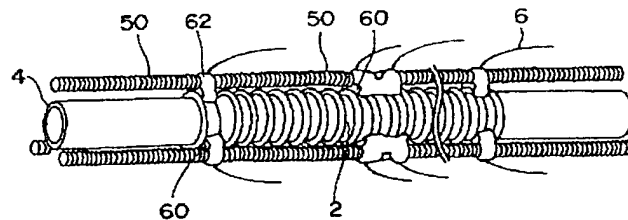
【図 15】



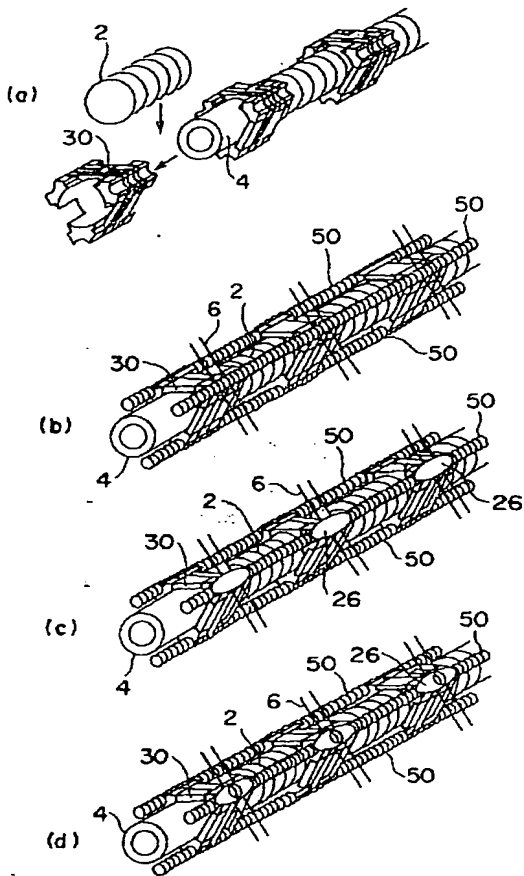
【図 3】



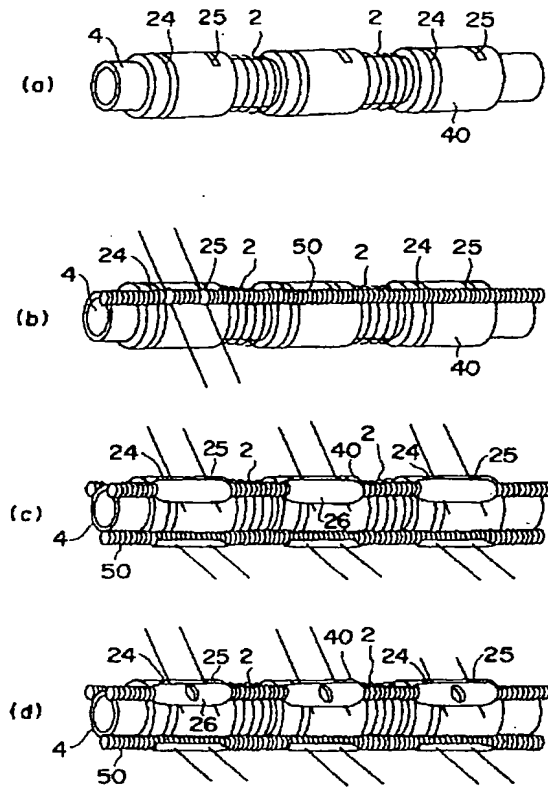
【図 7】



【図 4】

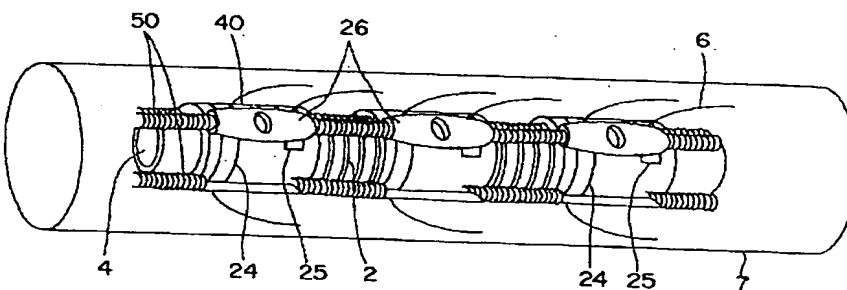


【図 6】

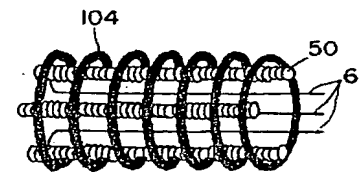
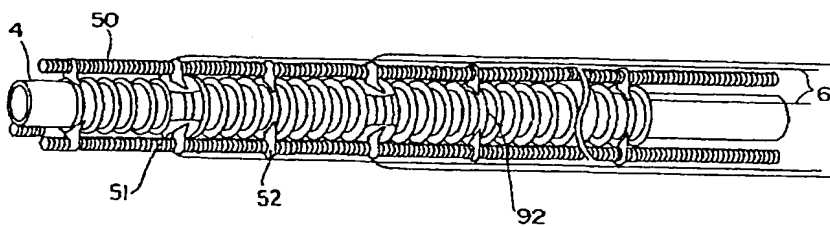


【図 1 7】

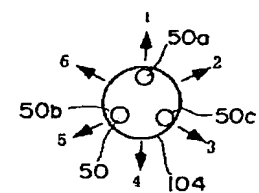
【図 5】



【図 9】

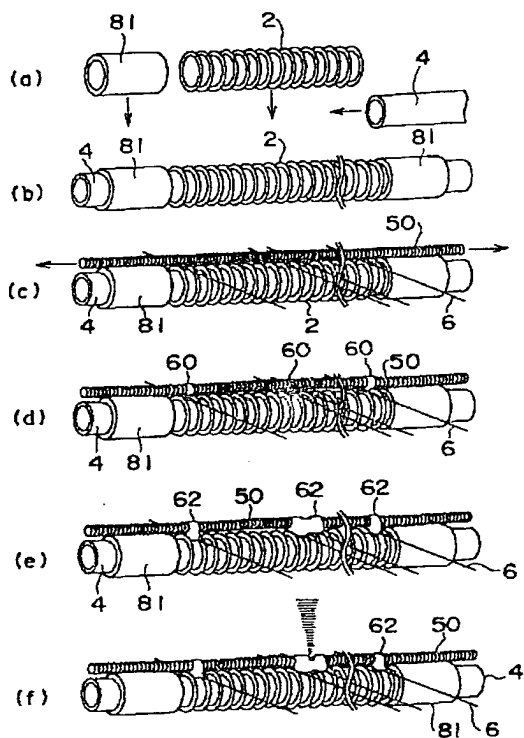


(a)

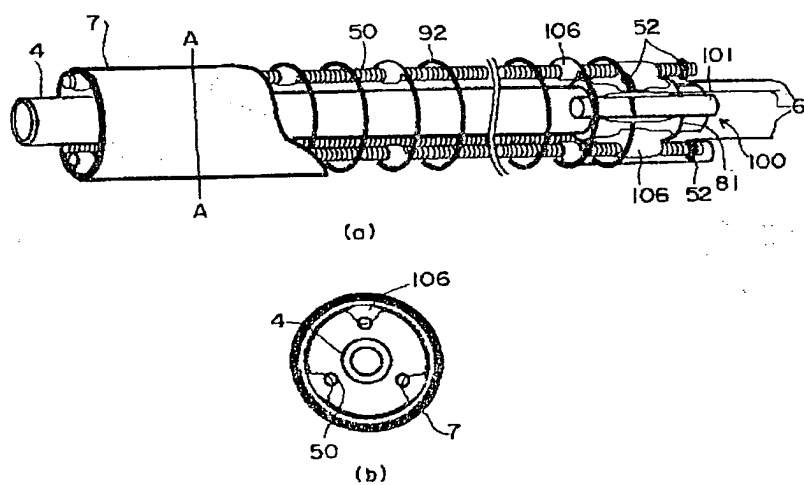


(b)

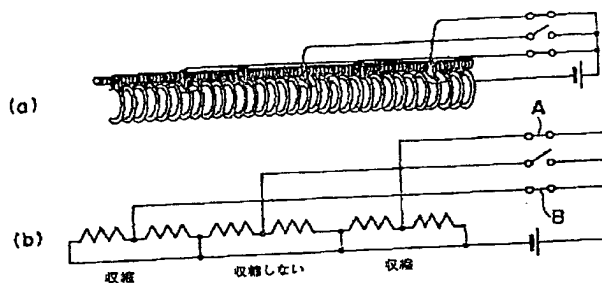
【図 8】



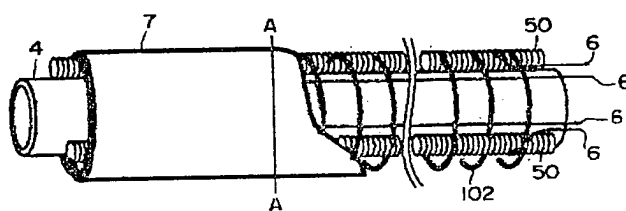
【図 11】



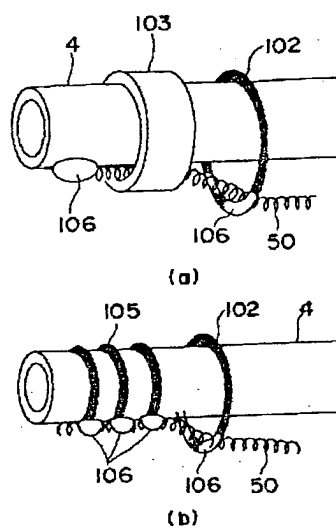
【図 10】



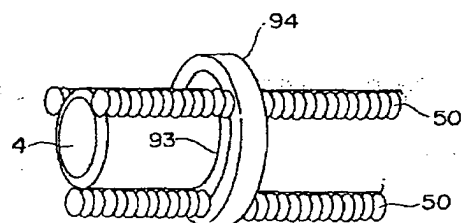
【図 14】



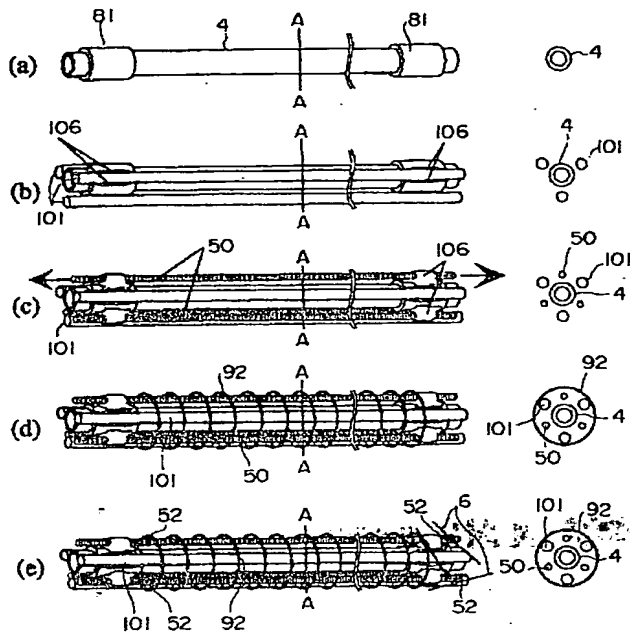
【図 21】



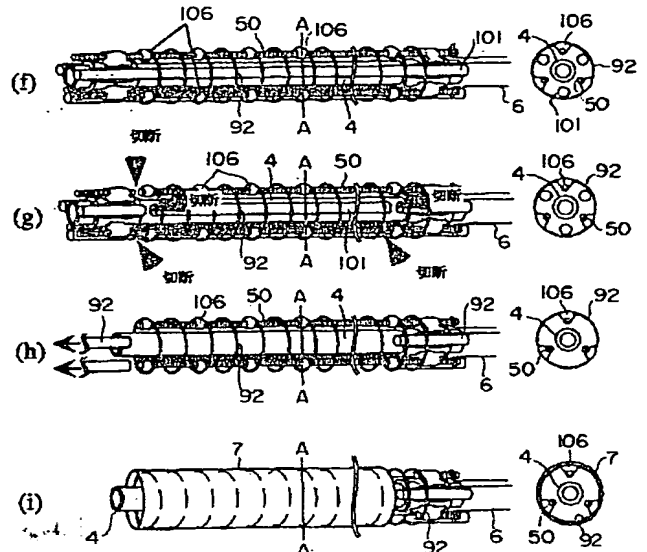
【図 23】



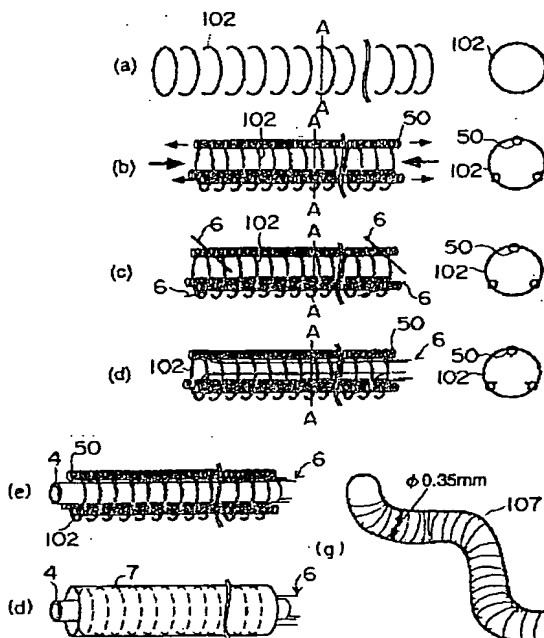
【図 12】



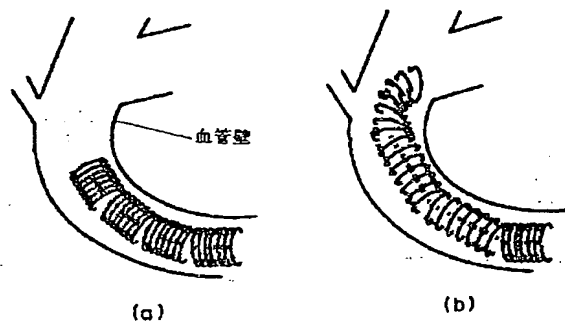
【図 13】



【図 16】

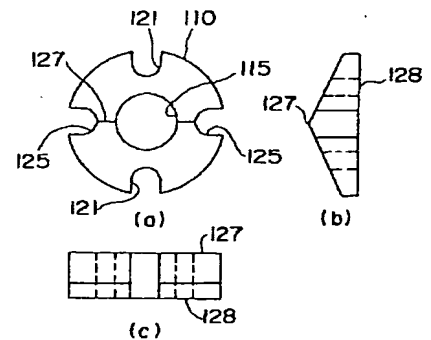
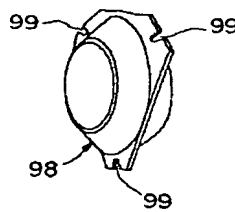


【図 18】



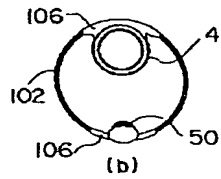
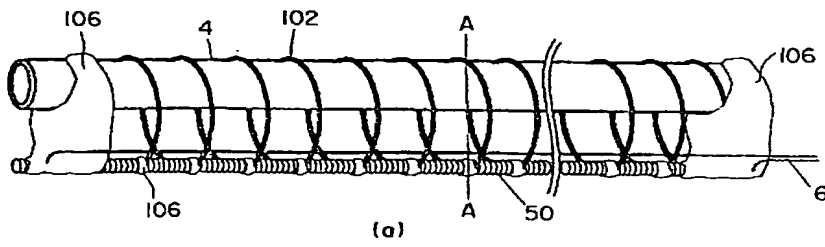
【図 25】

【図 26】

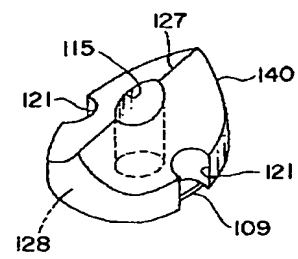


**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

【図 19】

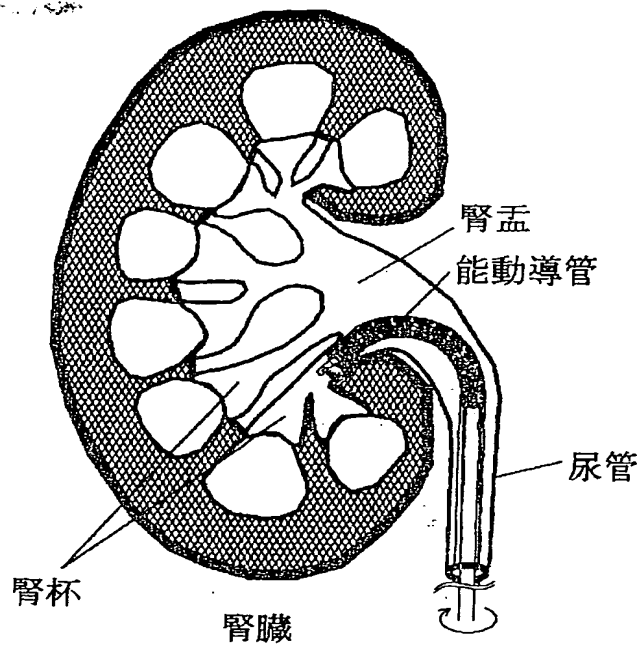
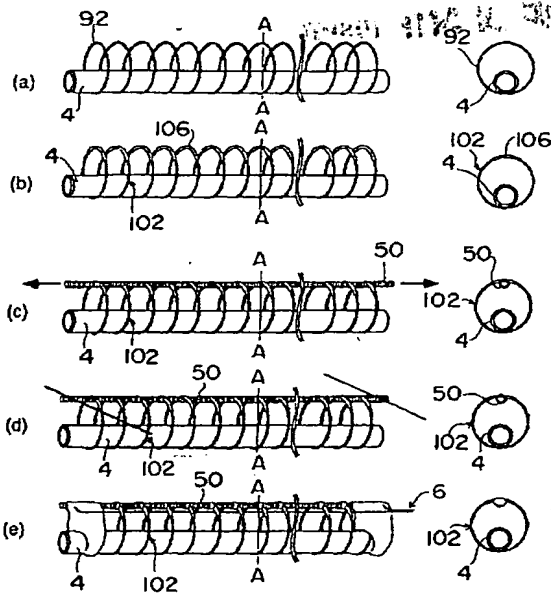


【図 27】



【図 20】

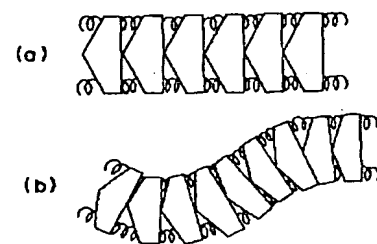
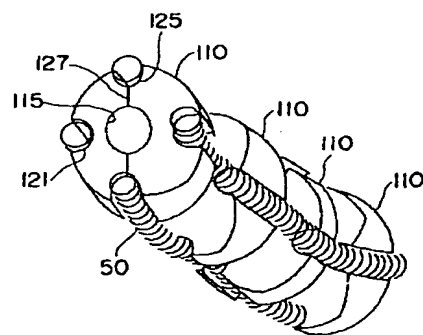
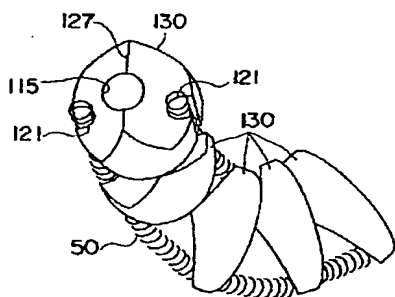
【図 22】



【図 28】

【図 29】

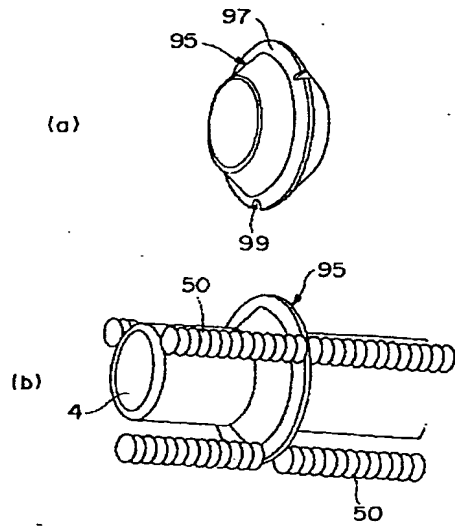
【図 30】



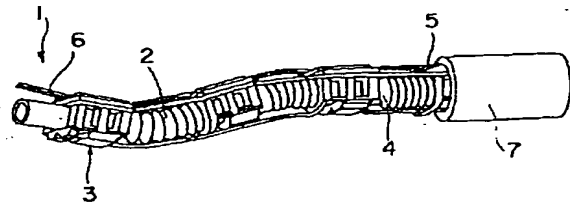
**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



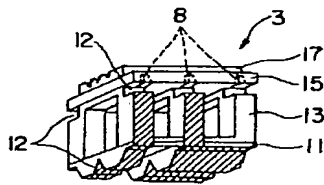
【図 24】



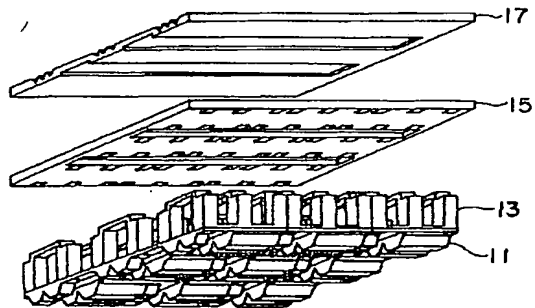
【図 31】



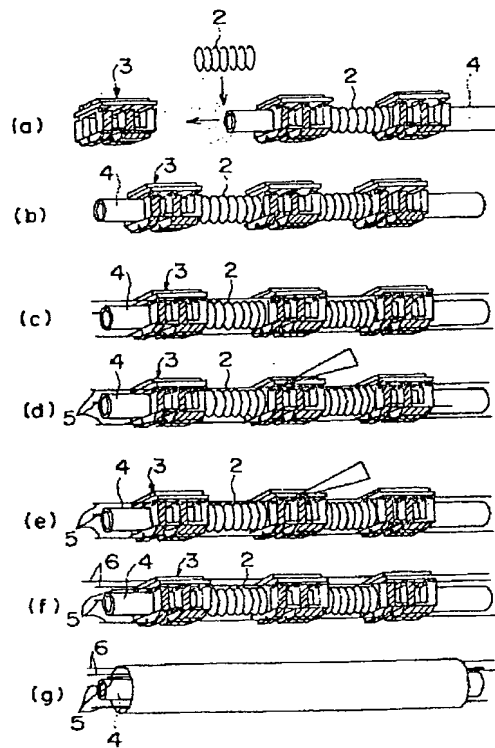
【図 32】



【図 33】



【図 3 4】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**